

草地雀麦坡地水土保持作用的研究

蒙仲举^{1,2}, 孙铁军², 高永¹, 王江³, 武菊英²

(1. 内蒙古农业大学, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 北京市农林科学院

北京草业与环境研究发展中心, 北京 100097; 3. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为研究草地雀麦的水土保持作用, 在延庆县选择 25° 坡地建立了相应的径流试验小区, 并对土壤侵蚀量、土壤水分、土壤紧实度以及根系地下生物量等指标进行了测定。结果表明, 种植草地雀麦能显著减小荒坡地水土流失。土壤侵蚀量随植被覆盖度增加而逐渐减小, 当植被覆盖度为 90% 时, 年径流量和侵蚀模数仅为 14 233.19 m³/km² 和 57.82 t/(km²·a), 保水固土能力分别可达 67.8% 和 98.31%。种植草地雀麦后, 浅层(0—30 cm)土壤的紧实度显著增加, 10 cm 土层深度处是对照地的 1.72 倍, 雨后土壤水分动态变化趋势平缓, 保水效果显著; 草地雀麦根系的 98.1% 集中分布于 0—30 cm 土层。

关键词: 草地雀麦; 坡地; 水土保持

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2008)04—0086—04

中图分类号: S157.2, S714.7

Effects of Soil and Water Conservation by Meadow Brome Planted on a Sloping Land

MENG Zhong-ju^{1,2}, SUN Tie-jun², GAO Yong¹, WANG Jiang³, WU Juying²

(1. Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China;

2. Beijing Research and Development Center for Grass and Environment,

Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China;

3. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to study the roles of meadow brome in soil and water conservation, 6 runoff plots were established on a 25° sloping land in Yanqing County. Soil loss, soil water content, soil compaction, and the root system were measured. Results showed that the effects of meadow brome planted on the slope were evident in preventing soil loss. Soil and water loss descended with the coverage increasing. When the coverage was 90%, the yearly amount of surface runoff and soil erosion modulus were 14 233.19 m³/km² and 57.82 t/(km²·a), respectively, and the capabilities of water conservation and soil conservation were 67.8% and 98.31%, respectively. Meadow brome planting effectively increased the compaction within 30 cm of surface soil. Especially at 10 cm soil depth, the compaction was 1.72 times of CK. The water dynamic change of the soil covered by meadow brome was gentle in comparison with that of CK. Meadow brome maintained the water content in the soil obviously. The root system was mainly distributed in the soil layer of 30 cm, accounting for 98.1%.

Keywords: meadow brome; sloping land; soil and water conservation

北京现有荒山 1 400 km², 占北京山区总面积的 13.5%, 荒山荒坡地植被覆盖度低, 保水固土性差, 易使水土流失, 导致水质和环境严重污染。荒山荒坡地治理是北京生态圈建设的重要组成部分, 也是山区生态建设的重点和难点。土壤侵蚀研究开始以来, 植被覆盖对于土壤侵蚀防治的作用一直是人们关注的焦点, 其中, 1877 年德国土壤学家 Wolly 通过植被覆盖

建立了第一个土壤侵蚀防治试验小区后, 该方法迅速传到欧美及世界其它国家, 成为众多学者研究的有效方法和手段之一。1947 年, 美国学者 Musgrave G. W. 从恢复生态学的观点和原理出发, 对植被恢复过程中的水沙效应和水文效应等方面的问题进行了大量研究, 并证实草本植被的存在, 可以增加入渗, 减少地表水土流失^[1-3]。在我国, 刘元保等人通过实地观

收稿日期: 2008-01-28

修回日期: 2008-04-02

资助项目: 北京市科技新星计划(B类)项目(2005B02); 国家科技攻关计划项目(2004BA617B02)

作者简介: 蒙仲举(1980—), 男(汉族), 内蒙古自治区呼和浩特市人, 在读博士, 研究方向为水土保持与荒漠化防治。E-mail: mengzhongju@126.com。

通信作者: 孙铁军(1972—), 男(汉族), 内蒙古自治区左旗人, 博士, 研究方向为草业生态环境及饲草栽培。E-mail: stj_cau@163.com。

测植被覆盖小区与对照(裸地、农耕地等)小区的径流量、土壤侵蚀量等,对植被减水减沙效益的水土保持功能进行了研究。研究表明,植被的介入改变了降雨与地表的水文过程,大大减少了径流量和泥沙量,并且不同类型植被的保水保土效益各不相同。合理的人工草地建设可以加快植被恢复速度,提高植被水土保持率^[4],因此,对草种的筛选和推广提出更高的要求,既要达到保持水土,又要为种植户带来经济效益。草地雀麦(*Bromus riparius*)是禾本科雀麦属多年生牧草,根茎疏丛型,须根系,具有发达的根茎;耐寒,耐旱,适用范围广,对土壤要求不严格,栽培管理容易,且寿命长,返青早,叶量丰富,草质柔嫩,再生性与适口性良好,极耐刈、耐牧,是很好的刈割或放牧用优良牧草,也是优良的草原补播改良和生态恢复植物。本试验以草地雀麦为研究材料,在延庆县建立 25° 坡地径流试验小区,研究草地雀种植对坡地水土流失防治的作用,进一步明确其坡地水土保持效益,为草地雀麦在北京地区乃至我国北方水土流失严重区域的生态治理提供一定的理论与技术支持。

1 试验地概况

试验地设在延庆县米家堡苗圃试验区,位于北纬 40°29', 东经 115°59', 海拔 365 m, 属大陆性季风气候,是暖温带与中温带及半干旱区与半湿润区的过渡地带,年平均气温 8.5 °C, 降雨是水土流失的主要因素,多年平均降雨量为 474.51 mm, 降雨量在年际分布上极为不均,最大及最小降雨量相差很大。根据观测记录,丰水年年降雨量达 689.3 mm, 而枯水年年降雨量为 298.4 mm。丰枯年年降雨量对比相差 2.31 倍,年内各月降雨量变化也极不均匀,汛期(6—9月)多年平均降雨量为 393.83 mm, 占全年的 84%。土壤母质层主要以石灰岩为主,土壤为石灰性褐土。

2 研究方法

(1) 试验区设置。选择 25° 坡地建立径流试验小区,以裸露坡面为对照(CK),以草地雀麦种植区为处理,3 重复,共 6 个径流小区,全部在同一坡地呈“一”字型等高排列,坡向坐南向北,每径流小区面积为 2 m × 3 m, 小区四周用油毡纸隔开,埋入地下 30 cm,高出地面 20 cm, 小区最低处设一出水口,出口端接体积为 0.13 m³ 的分流桶,并通过 5 孔分流后再接 1 个体积相同的集流桶,用于产流后地表径流与泥沙收集。2006 年 5 月 18 日采用等高线条播方式,在径流试验小区播种草地雀麦,行距 15 cm,草地雀麦播种前翻地 20 cm,然后平整,播种出苗后,完全处于自然

生长状态,试验区光照充足,通风条件良好。

(2) 植物盖度的测定。采用样点法,用美国 Decagon 公司生产的 First Growth 盖度分析仪测定,每径流小区测定 3 次,取平均值,重复 3 次。自 6 月 20 日至 9 月 20 日期间每 15 d 观测草地雀麦的覆盖度。

2.1 土壤水分的测定

在每个径流试验小区内安装土壤水分探测管,用高精度土壤剖面水分探测仪(Profile Probe Type PR1)定期测量土壤 1 m 以内各层剖面的平均(每 10 cm 一层)容积含水量,观测土壤水分的动态变化。

2.2 土壤侵蚀量的测定

每次降雨产流后,测定桶内集流深度,根据集流桶高度与体积的对应关系计算出坡面径流总体积,然后用全深剖面采样器取小样,采样时使泥水混合均匀,采样后测定小样体积,过滤后将泥沙放入 F-2BS 型电热恒温干燥箱,105 °C 烘干至恒重,用电子天平称重,计算水样中的泥沙含量,然后与坡面径流总体积相乘,得出土壤侵蚀量^[5],两种处理模式的计算公式为

$$C_s = (1 - \frac{S}{S_{ck}}) \times 100\%, \quad C_w = (1 - \frac{W}{W_{ck}}) \times 100\%$$

式中: C_w , C_s ——分别为保水能力和保土能力; W 和 S ——草地雀麦模式的径流量和产沙量; W_{ck} 和 S_{ck} ——对照地的径流量和产沙量^[6]。

2.3 植物地下生物量的测定

植物生长季末期,全部收获每径流小区地上生物量,3 次重复,使用根钻($D=10$ cm)在每个径流小区分别取 0—10 cm, 10—20 cm, 20—30 cm, > 30 cm 土层内土壤,3 次重复,洗根后放入烘箱,80 °C 烘干至恒重称其重,计算地下生物量。

2.4 土壤紧实度的测定

在每个试验小区内按蛇形定点样法选 10 个点,用美国 Spectrum 公司出产的 SG-900 型原位土壤紧实度计,测定 0—30 cm 土层内不同深度土壤紧实度,然后将同一深度不同点的紧实度值进行平均,重复 3 次,得出试验区草地与对照地土壤紧实度(kPa/cm²)。

2.5 降雨量观测

降雨量采用虹吸式雨量计自动记录。

3 结果与分析

3.1 水土流失量

试验区 2006 年 7—9 月共降雨 7 次,产生地表径流 5 次。根据所在试验区降雨观测资料,草地雀麦种植地和对照地的水土流失量计算结果如表 1 所示,随着植被覆盖度的增加,水土流失量逐渐减少,保水减沙效益逐渐显著。

当植被覆盖度增加到 30% 时, 保水能力为 23.7%, 减沙效益达到 94%, 在草地雀麦覆盖度为 90% 情况下, 年径流量和侵蚀模数仅为 14 233.19 m^3/km^2 和 57.82 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 相比对照分别减少了 67.8% 和 98.31%, 草地雀麦种植后的坡地保水固土

作用明显提高。这与路炳军等人得出的土壤流失比例与植被覆盖度之间存在的负指数关系一致 $r = -0.99$ 。土壤流失量已小于北方土石山区的土壤容许流失量 200 t/km^2 。可见, 在北京山区, 地表植被覆盖能有效控制水土流失^[7]。

表 1 不同植被覆盖度小区保水固土能力

| 项目 | 植被覆盖度/ % | 径流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$) | 侵蚀量/ ($\text{t} \cdot \text{km}^{-2}$) | 保水能力/ % | 固土能力/ % | 土壤流失 比例 |
|----------|-------------|---|---|------------|------------|------------|
| 对照 | 0.00 | 44 331.87 | 2 823.56 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |
| 草地 雀麦 | 10.00 | 39 865.24 | 1 105.14 | 12.10 | 60.87 | 0.39 |
| | 30.00 | 34 130.21 | 174.16 | 23.70 | 93.83 | 0.06 |
| | 50.00 | 29 473.54 | 84.83 | 33.60 | 96.99 | 0.03 |
| | 70.00 | 18 114.33 | 62.15 | 59.20 | 97.80 | 0.02 |
| | 90.00 | 14 233.19 | 57.82 | 67.80 | 98.31 | 0.02 |

3.2 雨后 0—10 cm 层土壤含水量的日变化

根据 2006 年 8 月 21 日降雨量 38 mm 后的连续 5 d 观测, 观测期间天气晴朗, 气温较高。雨后土壤表层含水量变化的实验结果见图 1。草地雀麦地雨后土壤含水量明显高于对照地, 土壤水分蒸发减缓, 土壤保水效果显著。此外, 草地雀麦雨后 5 d 的土壤含水量与对照第 1 d 测得的含水量相差较小, 仅为 2.82%。草地雀麦雨后含水量变化较平缓, 雨后为晴天, 无植被覆盖裸露地表土壤蒸发速率相对较高, 植被覆盖可以抑制地表土壤蒸发, 减少土壤水分消耗, 从而使土壤水分含量在降雨后短期内保持相对稳定的土壤含水量。

3.3 土壤紧实度的变化

土壤紧实度是衡量土壤紧实程度的指标^[9]。从图 2 试验结果来看, 总体表现为草地雀麦 0—30 cm 土层的紧实度均高于对照地。0—10 cm 土层范围内, 随着土层深度的增加, 对照地与草地土壤紧实度

均增加, 而草地雀麦种植地的增幅较大, 其中 10 cm 处草地雀麦种植地土壤紧实度为 930.8 kPa/cm^2 , 而对照地仅为 538 kPa/cm^2 , 是草地雀麦种植地的 57.8%, 这可能与草地雀麦根系的分布改善了土壤的理化性质有关。一般而言, 植物种植可以减小土壤容重, 降低土壤紧实度, 但是由于该试验区土壤沙砾含量较多, 土体本身紧实度较小, 如果有植物根系密集分布于土壤中时, 在一定程度上导致土壤紧实度增加。

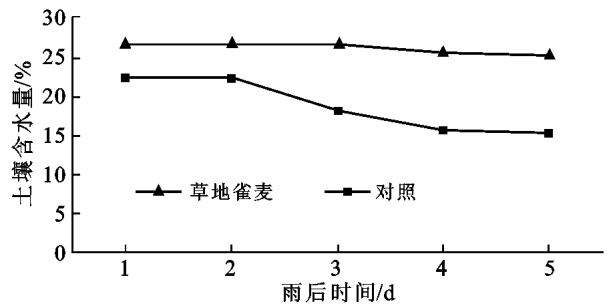


图 1 降雨后不同时间土壤 0—10 cm 土层水分变化

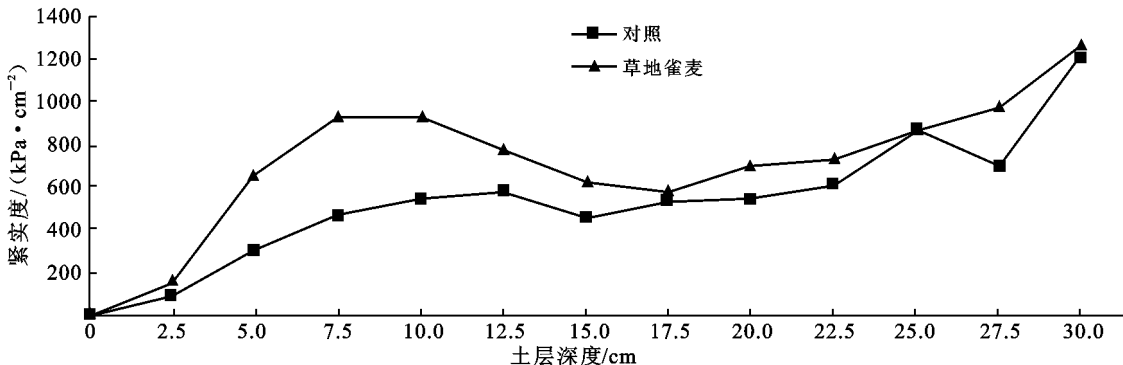


图 2 土壤紧实度的垂直梯度变化

3.4 草地雀麦地下根系分布特征

草地雀麦根系属须根系, 由表2可知草地雀麦根系主要集中分布在0—30 cm土层内, 占总根重的98.1%, 而30 cm以下须根数量极少。这种根系的分布特征有助于网络浅层土壤, 与发生土壤侵蚀的层次

相重叠, 有利于增强土壤的抗侵蚀性能。从草地雀麦地下生物量的分布特征还可以看出, 地下生物量随着土壤深度增加而明显减小, 超过30 cm的土层中, 地下生物量达到一个相对稳定的数值, 这有利于草地雀麦发挥水土保持效益^[10]。

表2 草地雀麦不同土层根系占根系总量的百分比

| 类型 | 测定面积/m ² | 样方 | 土层 | | | |
|-------------|-------------------------|-----|---------|----------|----------|---------|
| | | | 0—10 cm | 10—20 cm | 20—30 cm | > 30 cm |
| 根量/g | 0.78 × 10 ⁻² | I | 4.62 | 0.96 | 0.26 | 0.11 |
| | 0.78 × 10 ⁻² | II | 4.16 | 0.65 | 0.17 | 0.08 |
| | 0.78 × 10 ⁻² | III | 5.04 | 1.01 | 0.27 | 0.13 |
| | 0.78 × 10 ⁻² | 平均 | 4.61 | 0.87 | 0.24 | 0.11 |
| 须根量占 总根量 | 0.78 × 10 ⁻² | I | 77.65 | 16.04 | 4.41 | 1.90 |
| | 0.78 × 10 ⁻² | II | 82.24 | 12.80 | 3.31 | 1.65 |
| 百分比/% | 0.78 × 10 ⁻² | III | 78.06 | 15.67 | 4.24 | 2.03 |
| | 0.78 × 10 ⁻² | 平均 | 79.32 | 14.84 | 3.99 | 1.85 |
| 方差分析 | 5% | | a | b | c | c |

4 结论

北京延庆地区25°坡地种植草地雀麦防治水土流失效果显著, 随着植被覆盖度的增加, 土壤侵蚀量逐渐减少, 减沙效益逐渐显著。当植被覆盖度增加到30%时, 保水能力为23.7%, 减沙效益达到94%, 盖度为90%情况下, 年径流量和侵蚀模数仅为14 233.19 m³/km²和57.82 t/(km²·a), 保水固土能力可达67.8%和98.31%, 草地雀麦种植后坡地保水固土作用明显提高。

草地雀麦草地雨后土壤含水量明显高于对照地, 可显著保持土壤水分, 减缓土壤水分蒸发。此外, 草地雀麦种植地雨后含水量变化较对照平缓。

种植草地雀麦可以明显增加0—30 cm层土壤紧实度, 尤其10 cm土层深度表现明显, 对照地的土壤紧实度为538 kPa/cm², 草地雀麦种植地土壤紧实度930.8 kPa/cm², 是对照地的1.72倍。草地雀麦根系主要集中分布在0—30 cm土层内, 占总根重的98.1%, 而30 cm以下须根数量极少。集中分布在0—30 cm土层的根系可以强化土壤的抗冲性等土壤侵蚀特征, 发挥草地雀麦保持水土的生态效益。

总之, 草地雀麦在坡地生长良好, 根系能有效地固结土壤, 拦截地表径流, 具有良好的水土保持能力。同时, 具有耐刈割, 再生能力强, 产量高, 质量优, 适口性好, 以及适用草食动物种类广泛的优点^[11]。因此, 大面积种植草地雀麦对改变北京山区严重的水土流

失现状, 促进山区的农业生产, 提高当地农民的收入具有重大的现实意义。

[参 考 文 献]

- [1] Gobel M O, Bachmann J, Woche S K, et al. Effect of water potential and aggregate on soil contact angle and solid surface energy[J]. Soil Science Society of American Journal, 2004, 68: 383—393.
- [2] Sampson A W. Effect of chaparral on soil erosion and on soil moisture[J]. Ecology, 1944, 25: 171—191.
- [3] Romkens M J M. The soil erodibility factors: a perspective[M]. Soil and Water Conservation, 1985: 345—101.
- [4] 查轩, 唐克利, 张科利, 等. 植被对土壤特性及土壤侵蚀的影响研究[J]. 水土保持学报, 1992, 6(2): 52—59.
- [5] 叶芝茵, 刘宝元. 径流小区集流桶含沙量全深剖面采样器的研制与试验[J]. 泥沙研究, 2005, 6(3): 24—29.
- [6] 李鹏, 李占斌, 郑良勇. 植被保持水土有效性量化研究进展[J]. 水土保持研究, 2002, 9(1): 76—80.
- [7] 路炳军, 段淑怀, 袁爱萍. 官厅水库上游地区植被覆盖对面源污染影响的定量研究[J]. 资源科学, 2006, 28(5): 199—201.
- [8] 王全九, 叶海燕, 史晓南, 等. 土壤初始含水量对微咸水入渗特征影响[J]. 水土保持学报, 2004, 10(4): 48—51.
- [9] 刘晚荀, 山仑, 邓西平. 植物对土壤紧实度的反应[J]. 植物生理学通讯, 2001, 37(6): 41—43.
- [10] 吴彦, 刘世全. 植物根系提高土壤水稳性团粒含量的研究[J]. 水土保持学报, 1997, 3(1): 45—49.
- [11] 孙铁军, 刘素军, 肖春利, 等. 草地雀麦刈割对坡地水土流失的影响[J]. 水土保持学报, 2007, 21(4): 37.